



# 水溶性大豆多糖和果胶作为酸性乳饮料稳定剂的研究

曾令平<sup>1</sup>, 常忠义<sup>2</sup>, 高红亮<sup>2</sup>

(1. 上海佳格食品有限公司 研发处, 上海 201103; 2. 华东师范大学 生命科学学院, 上海 200062)

**摘要:**通过改变酸性乳饮料的加工工艺比较了大豆多糖和果胶在稳定酸性乳饮料时的差异。结果表明, 温度和调酸的顺序对添加了大豆多糖的酸性乳饮料稳定性的影响比对添加了果胶的酸性乳饮料稳定性的影响更为显著。在0℃时调酸和调酸之后均质的条件下, 添加有0.40%大豆多糖的酸性乳饮料的稳定性最好, 沉淀率最低为0.69%; 而添加有0.35%果胶的酸性乳饮料的沉淀率为0.71%。而且进一步验证了大豆多糖能在pH值为3.4~4.4范围内稳定酸性乳饮料, 而果胶只能在pH值为3.6~4.4范围内稳定酸性乳饮料。

**关键词:**水溶性大豆多糖; 果胶; 酸性乳饮料; 稳定性

**中图分类号:**TS252.54; TS202.3

**文献标识码:**A

**文章编号:**1001-2230(2008)11-0025-04

## Studies of water soluble soybean polysaccharides and pectin on the stabilization of acidified milk beverage

ZENG Ling-ping<sup>1</sup>, CHANG Zhong-yi<sup>2</sup>, GAO Hong-liang<sup>2</sup>

(1. R&D Department, Shanghai Standard Food Company, Shanghai 201103, China;

2. School of Life Science, East China Normal University, Shanghai 200062, China)

**Abstract:** The effect of water-soluble soybean polysaccharides (SSPS) and pectin on stabilization of acidified milk beverage was studied in this paper. The results showed that the condition of temperature and sequence of adjusting pH were more important for SSPS in stabilizing acidified milk beverage than pectin. When adjusting pH at 0℃ and homogenizing after adjusting pH, 0.4% of SSPS can stabilize the acidified milk beverage and the sedimentation rate is 0.69%. The acidified milk beverage which was added with 0.35% of pectin had the lowest sedimentation rate of 0.71%. It was confirmed that SSPS stabilized the acidified milk beverage from pH3.4 to pH4.4, while pectin stabilized the acidified milk beverage from pH3.6 to pH4.4.

**Key word:** water soluble soybean polysaccharides; pectin; acidified milk beverage; stabilization

## 0 引言

酸性乳饮料是以牛乳为主要原料的一种品质均一、清香纯正、酸甜适口并集营养与保健于一体的液态饮料, 目前在市场上越来越受到人们的欢迎。但是其在生产过程中经常会出现蛋白质沉淀和脂肪上浮的问题。其中的原因主要是因为酸性乳饮料的pH接近酪蛋白的等电点, 酪蛋白胶束因其胶束间的静电排斥作用减弱而有着形成更大颗粒而沉淀<sup>[1]</sup>。这一问题主要通过加入亲水性胶体来解决。目前用到的主要的亲水性胶体有羧甲基纤维素钠和高甲氧基果胶等。徐伟和马力总结了高甲氧基果胶对酸性乳饮料的稳定机理及其影响稳定效果的因素<sup>[2]</sup>。陈躬瑞等报道了添加

羧甲基纤维素稳定酸性乳饮料胶体体系<sup>[3]</sup>。

水溶性大豆多糖 (water-soluble soybean polysaccharides, SSPS) 是一种从大豆渣中提取的, 在酸性条件下能够稳定牛奶蛋白的多糖, 目前已经被用于酸性乳饮料中<sup>[4]</sup>。大豆多糖的结构和分子组成已经通过酶解反应得到确定。它是含有18%半乳糖醛酸的酸性多糖, 分子质量为5 000~1 000 000 u, 并且和果胶的结构相似<sup>[5]</sup>。通过进一步的水解酶解反应发现水溶性大豆多糖的阿拉伯糖侧链和半乳糖侧链在稳定酸性乳饮料时起着重要的作用。它缔合到酪蛋白上再通过中性侧链的相互排斥避免了酪蛋白在酸性条件下沉淀<sup>[6]</sup>。由于羧甲基纤维素黏度太大, 且稳定性效果较差<sup>[7]</sup>, 而高甲氧基果胶价格太高。SSPS黏度很低, 而且价格便宜, 可以弥补这两种稳定剂的不足, 是一种优良的酸性乳饮料的稳定剂<sup>[4]</sup>。本文比较了大豆水溶性多糖和果胶在稳定酸性乳饮料时的区别。并发现了大豆多糖

**收稿日期:**2008-01-30

**作者简介:**曾令平 (1981-), 男, 高级研究员, 研究方向为食品及饮料开发。

在稳定酸性乳饮料时的加工特性。

## 1 实验

### 1.1 材料与仪器

#### 1.1.1 材料

大豆水溶性多糖(自制),果胶(高甲氧基果胶),脱脂乳粉,蔗糖,所用试剂均为化学纯。

#### 1.1.2 仪器

DELTA320 pH计,均质机,721型分光光度计,TDL-5型离心机,立式低温恒温槽,电热恒温水浴锅,AL204电子天平。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 酸性乳饮料的制备

按照每100 mL水中添加3.6 g脱脂乳粉,8.0 g蔗糖的含量配置溶液并放置4 °C冰箱中。将大豆水溶性多糖或果胶按照实验需要量溶解添加,低温恒温槽中采用质量分数为10.0%柠檬酸调节pH值(调酸前均质或调酸后均质),每100 mL装瓶再放入水浴锅中90 °C灭菌15 min,低温恒温槽中冷却至常温,倒入灭菌的100 mL具塞试管中,静置于阴凉干燥处两周。

#### 1.2.2 酸性乳沉淀率的测定<sup>[8]</sup>

制备好的酸性乳饮料摇匀后取10.00 g,置于离心管中,3 000 r/min离心15 min,去除上清液,并计算沉淀率。沉淀率=(离心后沉淀和管的总质量-空管的质量)/(样品和管的总质量-空管的质量)。样品封瓶保存两周后,以同样的方法测定沉淀率。

#### 1.2.3 酸性乳饮料稳定系数的测定<sup>[8]</sup>

样品离心前摇匀取0.10 g,并取10.00 g置于离心管中,3 000 r/min离心15 min后取离心管顶部3 cm上清液0.10 g,然后对取样各稀释100倍后,以蒸馏水为对照,在610 nm处测定离心前、离心后样品的OD值。

静置两周后离心前摇匀取0.10 g,并取10.00 g置于离心管中,3000 r/min离心15 min后取离心管顶部3 cm上清液0.10 g,然后对取样各稀释100倍后测稳定系数。以蒸馏水为对照,在610 nm处测定离心前、离心后样品的OD值。

稳定系数=离心后的OD值(或静置两周后的OD值)/离心前的OD值。

#### 1.2.4 数据的处理

本文所有数据都是3个平行样品的平均值,用Excel进行统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 调酸温度对酸性乳饮料稳定性的影响

在酸性乳饮料中分别加入质量分数为0.30%,0.40%,0.50%,0.60%的大豆多糖或0.20%,0.30%,0.40%,0.50%的果胶,在25 °C和0 °C下调酸,测定各自的沉淀率。得出结果如图1和图2所示。

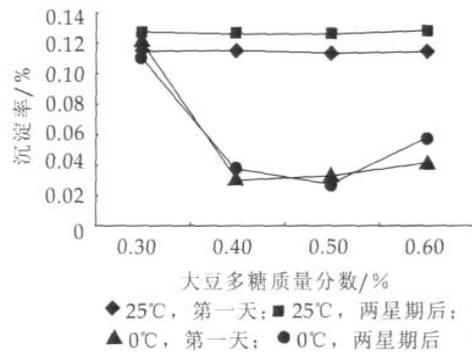


图1 温度对大豆多糖稳定酸性乳饮料的影响

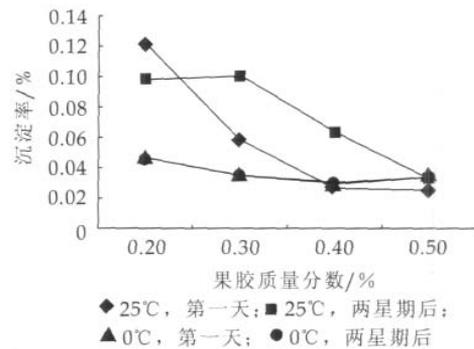


图2 温度对果胶稳定酸性乳饮料的影响

由图1可知,加入大豆多糖在25 °C下调酸的酸性乳饮料明显分层,且在不同浓度下都出现了沉淀,沉淀率约为11.50%;而在0 °C下调酸的酸性乳饮料在大豆多糖质量分数为0.30%时分层明显,但质量分数为0.40%时,沉淀率最低为3.08%。两星期后酸性乳饮料的沉淀情况与第一天类似。

添加果胶的酸性乳饮料在0 °C下调酸时稳定性较好。质量分数为0.40%时沉淀率最低为2.94%。在25 °C下调酸时,当果胶质量分数为0.20%和0.30%时,酸性乳饮料明显分层;当果胶质量分数为0.40%和0.50%时能够稳定酸性乳饮料,沉淀率分别为2.73%和2.66%。两个星期后,酸性乳饮料的沉淀率基本上和第一天时保持一致。

由图1和图2可以看出,在25 °C下调酸时,加入果胶的酸性乳饮料的沉淀率比大豆多糖要低,原因是大豆多糖中分子比果胶所带的电荷相对少,在温度较高时很难和酪蛋白缔合,包裹住酪蛋白,但是在较低的温度下可以和酪蛋白发生缔合,通过其特有的支链产生的空间位阻及其静电斥力稳定酪蛋白<sup>[1]</sup>。

### 2.2 调酸均质顺序下对酸性乳饮料稳定性的影响

图3和图4是以大豆多糖为稳定剂制作酸性乳饮料的过程中,改变均质与调酸的顺序然后测定各自的沉淀率和稳定系数;图5和图6则是加入果胶相应的沉淀率和稳定系数。

图3和图4表明,酸性乳饮料在调酸前均质需要在比较高的浓度下才可以稳定,而调酸后均质则只需要比较低的浓度。在调酸前均质时,大豆多糖质量分数

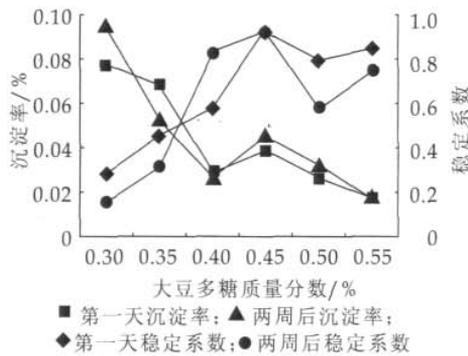


图3 调酸前均质对酸性乳饮料稳定性的影响

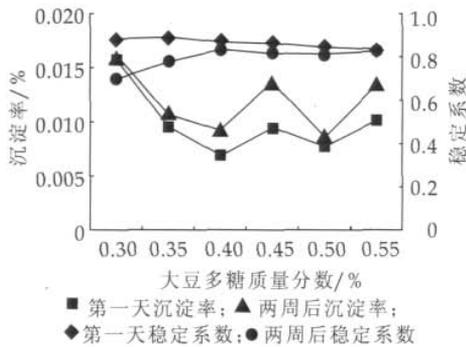


图4 调酸后均质对酸性乳饮料稳定性的影响

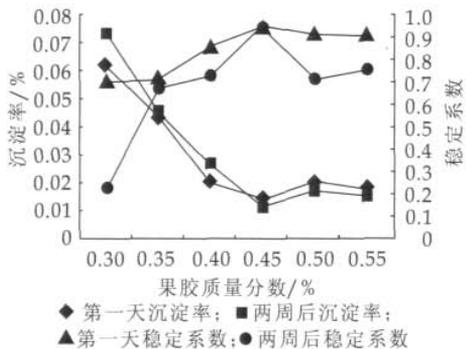


图5 添加果胶调酸前均质对酸性乳饮料中的稳定性

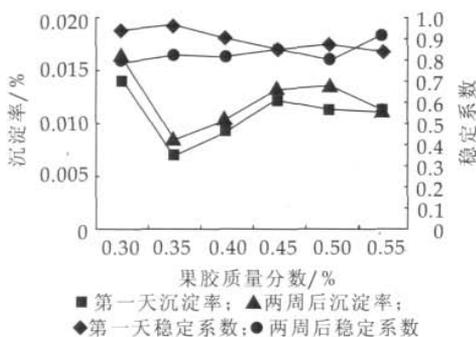


图6 添加果胶调酸后均质对酸性乳饮料中的稳定性

为0.55%时,沉淀率为1.70%;而在调酸后均质大豆多糖质量分数为0.40%时,沉淀率相应地为0.69%。

在调酸后均质时,0.45%大豆多糖处的沉淀率比0.40%反而高,这是因为加入0.40%的大豆多糖已经能够稳定酸性乳饮料,大豆多糖浓度继续增大则使缔合

有大豆多糖的酪蛋白颗粒继续增大,从而容易沉降使沉淀率增大<sup>[1]</sup>。

两周后稳定系数进一步验证上述结论。

加入了果胶的酸性乳饮料,调酸后均质也和加入了大豆多糖的同样,比调酸前均质在较低的浓度下就能够稳定。但是当稳定时,在调酸前和调酸后均质,从图5和图6可以看出,果胶的用量都相应地比大豆多糖低0.05%。这表明果胶比大豆多糖带有更多的正电荷,更容易和酪蛋白缔合<sup>[6]</sup>。

两周后的沉淀率和稳定系数表明的结果和第一天的沉淀率大部分吻合。

### 2.3 不同pH值时对酸性乳饮料的稳定作用

图7为大豆多糖和果胶在不同pH值时对酸性乳饮料的稳定作用。由图7可以看出,在pH值为3.4到pH值为4.4的范围内含有0.40%的大豆多糖酸性乳饮料的沉淀率都在1.20%左右,对酸性乳饮料都有稳定作用。稳定系数和沉淀率有相同的变化趋势。果胶在pH值为3.4时并不能稳定酸性乳饮料,此时的沉淀率为22.30%,外观上出现明显的分层。从pH值为3.6到pH值为4.4这一范围内,果胶和大豆多糖一样能够稳定酸性乳饮料,沉淀率在2.04%左右。稳定系数和沉淀率的变化趋势一致。

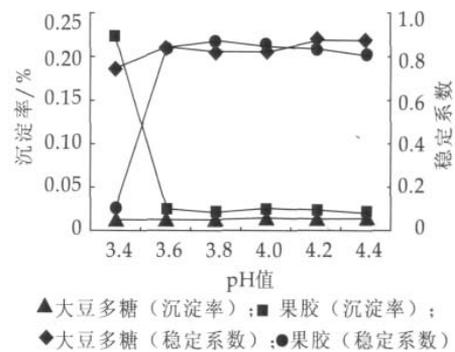


图7 不同pH值时对酸性乳饮料的稳定作用

## 3 结果与讨论

(1) 在质量分数为0.30%~0.60%的范围内,添加大豆多糖的酸性乳饮料在0℃下调酸比在25℃调酸的稳定性有显著的提高;而加入果胶的酸性乳饮料虽然在0℃下调酸时稳定性也提高,但随着果胶质量分数的增加在25℃下调酸时果胶也能稳定酸性乳饮料。这表明果胶在较高的温度下比大豆多糖能更好的稳定酸性乳饮料,但在0℃下大豆多糖对酸性乳饮料的稳定性大大提高。因为大豆多糖中分子比果胶所带的电荷相对少,在温度较高时很难和酪蛋白缔合,包裹住酪蛋白,但是一旦在较低的温度下和酪蛋白发生缔合<sup>[1]</sup>,大豆多糖就通过起多支链的空间位阻和静电排斥作用稳定酪蛋白从而稳定酸性乳饮料。

(2) 添加了大豆多糖的酸性乳饮料在调酸之前均

质并不能稳定酸性乳饮料,调酸之后均质对酸性乳饮料稳定性有显著的提高,在大豆多糖质量分数为0.40%时,达到最低值0.69%;而添加有果胶的酸性乳饮料在调酸前均质和调酸后均质都能够稳定酸性乳饮料,只是在调酸后均质降低了果胶的用量。在调酸前均质促使大豆多糖缔合到酪蛋白上,但是调酸时随着酸性乳饮料体系中H<sup>+</sup>的增加使大豆多糖脱离了酪蛋白;而果胶因为带有比较多的电荷和酪蛋白的结合比大豆多糖来的紧密,在调酸过程中比较少的果胶脱离酪蛋白[1]。但是在调酸后均质通过机械力使大豆多糖紧密结合在酪蛋白上,之后大豆多糖通过其特有的支链产生的空间位阻及其静电斥力稳定酪蛋白,并且其对酸性乳饮料的稳定作用几乎和果胶相当。

(3) 大豆多糖比果胶在更大的pH值范围内即从pH值为3.4至pH值为4.4都能稳定酸性乳饮料,而果胶在较低的pH值内则不能稳定酸性乳饮料。

### 参考文献:

[1] SYRBE A, BAUER W J. Polymer Science Concepts in Dairy Sys-

tems—an Overview of Milk Protein and Food Hydro Colloid Interaction[J]. International Dairy Journal,1998,8:179-193.

- [2] 徐伟,马力. 高甲氧基果胶对酸奶饮料的稳定作用[J]. 中国乳品工业, 2005, 33(8): 38-40.
- [3] 陈躬瑞, 郑玉婧. 添加羧甲基纤维素稳定酸性乳饮料胶体体系[J]. 福州大学学报(自然科学版),1996, 24(1):115-120.
- [4] MAEDA H. Soluble Soybean Polysaccharides [M]. Handbook of Hydro Colloids,1998; 310-320.
- [5] AKIHIRO N, TARO TAKAHASHI R. Emulsifying Properties of Soybean Soluble Polysaccharides [J]. Food Hydro Colloids, 2004, 18: 795- 803.
- [6] AKIHIRO N, RYUJI Y. The Stabilizing Behaviour of Soluble Polysaccharides and Pectin in Acidified Milk Beverages[J]. International Dairy Journal,2005,16:361-369.
- [7] 马殿君,张永泰. 水溶性大豆多糖的制备及其在酸乳饮料中的应用[J]. 饮料工业,2007, 10(7): 19-21.
- [8] 白卫东, 王琴. 豆奶稳定性的研究[J]. 现代食品科技,2006, 22(1): 5-7.
- [9] 李庄. 大豆水溶性多糖的提取与应用研究[D]. 上海: 华东师范大学, 2005.

(上接第6页)

### 参考文献:

- [1] 张丽萍,杨晨. 干酪乳杆菌在酸奶生产中的应用研究[J]. 中国乳品工业,2007 (35):23-26.
- [2] CAGNO R D. Response of *Lactobacillus helveticus* PR4 to Heat Stress During Propagation in Cheese Whey with a Gradient of Decreasing Temperatures [J]. Applied and Environmental Microbiology, 2006, 6:4503-4514.
- [3] JORGENSEN F, STEPHENS P J, KNOCHEL S. The Effect of Osmotic Shock and Subsequent Adaptation on the Thermotolerance and Cell Morphology of *Listeria monocytogenes*[J]. Journal of Applied Bacteriology, 1995, 79:274-281.
- [4] WOOJIN S K. Assessment of Stress Response of the Probiotic *Lacto-*

*bacillus acidophilus* [J]. Current Microbiology, 2001, 43:346-350.

- [5] BRON P A, MARCO M. Genetic Characterization of the Bile Salt Response in *Lactobacillus plantarum* and Analysis of Responsive Promoters in Vitro and in Situ in the Gastrointestinal Tract [J]. Journal of Bacteriology, 2004, 3:7829-7835.
- [6] 赵百锁,杨礼富. 中度嗜盐菌相容性溶质机制的研究进展[J]. 微生物学报,2007, 47(5):937-941.
- [7] ANGELIS M D, GOBBETTI M. Environmental Stress Responses in *Lactobacillus*: A Review[J]. Proteomics, 2004, 4:106-122.
- [8] LOU Y Q, YOUSEF A E. Adaptation to Sublethal Environmental Stresses Protects *Listeria monocytogenes* against Lethal Preservation Factors[J]. Applied and Environmental Microbiology, 1997:1252-1255.
- [9] 徐义刚,崔丽春. 重组干酪乳杆菌在模拟消化环境中生存性能的研究[J]. 中国微生物学杂志,2006(12):424-426.

(上接第10页) et al. Comparative Effects of Cholic, Chenodeoxycholic, and Ursodeoxycholic Acids on Micellar Solubilization and Intestinal Absorption of Choles-Terol [J]. Journal of Lipid Research, 1981,22:467-473.

- [17] AHN YT, KIM G B, LIM YS, et al. Deconjugation of Bile Salts by *Lactobacillus acidophilus* Isolates [J]. Int Dairy J, 2003, 13:303-311.
- [18] EIKINS CA, MOSER SA. Genes Encoding Bile Salt Hydrolyases and Conjugated Bile Salt Transporters in *Lactobacillus Johnsonii* 100-100 and Other *Lactobacillus* species [J]. Microbiology, 2001, 147:3 403-

3 412.

- [19] HUIJGHEBAERT S M, MERTENS J A, EYSSEN H J. Isolation of a Bile Salt Sulfatase-Producing *Clostridium* Strain from Rat Intestinal Microflora [J]. Appl Environ Microbiol, 1982, 43:185-192.
- [20] DE SMET, VAN HOORDE L, VANDE WOESTYNE M, et al. Significance of bile salt hydrolytic activities of lactobacilli [J]. J Appl Bacteriol, 1995, 79:292-301.
- [21] GILLILAND S E, SPECK M J. Deconjugation of Bile Acids by Intestinal *Lactobacilli* [J]. Appl Environ Microbiol, 1997, 33:15-18.